



REC'D. 06 MAR 2003	WIPO
PCT	

21.1017  
→ pour PCT

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 23 JAN. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

### PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIETE  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

INPI  
N° 11354\*01

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 V / 260899

REMISE DES PIÈCES		Réserve à l'INPI
DATE	2 JAN 2002	
LIEU	75 INPI PARIS	
N° D'ENREGISTREMENT	0200008	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE	
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI	- 2 JAN. 2002	
Vos références pour ce dossier ( facultatif ) SP 20018/GB		

NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

BREVALEX

3, rue du Docteur Lancereaux  
75008 PARIS

Confirmation d'un dépôt par télécopie  N° attribué par l'INPI à la télécopie

<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> / /
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		N°	Date
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> / /

### 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

DISPOSITIF DE CONTROLE DE SALINITE DE L'EAU DE PUITS SITUÉS EN ZONE COTIERE

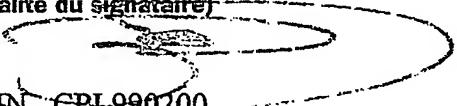
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b>		Pays ou organisation	
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE		Date <input type="checkbox"/> / /	
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE		N°	
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation	
		Date <input type="checkbox"/> / /	
		N°	
		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »	
Nom ou dénomination sociale		SERVICES PETROLIERS SCHLUMBERGER	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN		. . . .	
Code APE-NAF		. . .	
Adresse	Rue	42, rue Saint Dominique	
	Code postal et ville	75007	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
<input checked="" type="checkbox"/> de téléphone ( facultatif )			
<input checked="" type="checkbox"/> de télécopie ( facultatif )			
<input checked="" type="checkbox"/> de téléphonie électronique ( facultatif )			

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2**

REMISE DES PIÈCES		Réervé à l'INPI
DATE		
LIEU <b>2 JAN 2002</b>		
75 INPI PARIS		
N° D'ENREGISTREMENT		
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0200008</b>		

08 540 W /260699

<b>9 Vos références pour ce dossier : (facultatif)</b>		SP 20018/GB
<b>10 MANDATAIRE</b>		
Nom		POULIN
Prénom		Gérard
Cabinet ou Société		BREVALEX
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		CPI 99 0200
Adresse	Rue	3, rue du Docteur Lancereaux
	Code postal et ville	75008 PARIS
N° de téléphone (facultatif)		01 53 83 94 00
N° de télécopie (facultatif)		01 45 63 83 33
Adresse électronique (facultatif)		brevets.patents@spi-brevatome-groupe.fr
<b>11 INVENTEUR (S)</b>		
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée
<b>12 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
<b>13 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
<b>14 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>
 G. POULIN - CPI 990200		C. MARTIN

DISPOSITIF DE CONTROLE DE SALINITE DE L'EAU DE PUITS  
SITUÉS EN ZONE COTIERE

DESCRIPTION

5

**Domaine technique**

L'invention se situe dans le domaine des dispositifs utilisés pour déterminer la salinité de l'eau des nappes phréatiques situées à proximité d'une 10 côte océanique.

**Arrière plan technologique**

Il est connu que les puits de puisage de l'eau d'une nappe phréatique située près d'une côte océanique 15 peuvent recevoir de l'eau salée impropre à la consommation si la pression dans le puits devient inférieure à la pression exercée par l'eau de mer voisine. L'arrivée de l'eau de mer dans le puits a de sérieuses conséquences à long terme sur la livraison 20 d'eau potable. Il existe différentes méthodes pour empêcher l'intrusion d'eau de mer dans les puits. On peut limiter le débit d'eau puisée de façon à être sûr que la pression dans la nappe reste supérieure à la pression de l'eau de mer. Une autre méthode consiste à 25 recharger la nappe phréatique à partir de la surface. Selon une autre méthode encore, on injecte des gaz sous pression ou de l'eau dans le sol au moyen de puits spéciaux d'injection. On crée ainsi dans la nappe phréatique des zones de forte pression qui s'opposent à 30 l'avancée de l'eau de mer dans la nappe. En addition à ces puits d'injection il est également prévu des puits d'observation présents au voisinage des puits de

production: Ces puits d'observation sont utilisés pour mesurer de façon répétée la pression de la nappe et le niveau de salinité de ladite nappe. La densité de l'eau salée est plus forte que celle de l'eau douce. De ce fait l'intrusion d'eau salée intervient souvent par la partie inférieure de la nappe. C'est pourquoi la salinité de l'eau de la nappe est souvent mesurée à trois niveaux de la nappe, un niveau haut, un niveau bas et un niveau central situé entre les niveaux haut et bas. La mesure de la salinité à ces différents niveaux donne une idée de l'efficacité des restrictions de pompage ou des injections réalisées à partir des puits d'injection pour empêcher l'intrusion de l'eau de mer dans les nappes.

Pour mesurer la salinité de l'eau on utilise des échantillonneurs plongés périodiquement dans l'eau d'un puits de production ou d'un puits d'observation. L'eau captée dans l'échantillonneur est ramenée en surface où elle est analysée. On peut utiliser aussi des cellules de mesures de salinité. Ces cellules permettent de mesurer directement, *in situ*, la salinité de l'eau de la nappe à l'endroit où se trouve la cellule. De façon en elle même connue une telle cellule comporte un récipient électriquement isolant communiquant avec l'extérieur par un ou plusieurs orifices. L'intérieur du récipient comporte un ensemble de quatre électrodes. Les quatre électrodes peuvent être réparties horizontalement ou verticalement à l'intérieur de la cellule. Dans le cas par exemple où elles sont réparties verticalement, il y a une électrode extrême basse, une électrode extrême haute et deux électrodes intermédiaires situées toutes deux

entre les électrodes extrêmes basse et haute. Ces électrodes sont chacune reliées par un câble électrique isolé à des équipements de surface, notamment des générateurs de courant, des appareils de mesure et des moyens de calcul pour exploiter les données collectées. Un courant est envoyé par l'intermédiaire de fils du câble électrique entre les électrodes extrêmes, par exemple haute et basse, lorsque les électrodes sont réparties verticalement. Ce courant crée une tension entre les électrodes intermédiaires qui est une fonction notamment de la conductivité ou de la résistivité de l'eau, qui elle même est une fonction de la salinité de l'eau. Connaissant le courant injecté, la tension mesurée entre les électrodes intermédiaires et d'autres paramètres mesurés ou connus, en particulier la température de l'eau à l'endroit de la mesure on détermine la salinité de l'eau présente dans le puits au niveau auquel se trouve la cellule.

Selon une première méthode de mesure de salinité de l'eau utilisant des cellules de mesures de salinité, les cellules sont périodiquement plongées dans un puits de production ou d'observation et la mesure de salinité est effectuée. Le principal inconvénient de cette méthode est que la salinité entre deux instants de mesure n'est pas connue. Une autre méthode plus récente consiste à prévoir des cellules pouvant être immergées en permanence. Ces cellules peuvent comporter des électrodes annulaires formées par des éléments conducteurs disposés autour du câble de mesure. Les électrodes annulaires sont disposées à des distances très faibles les unes des autres. Les distances inter électrodes sont inférieures à environ 5

cm. Les électrodes annulaires sont raccordées électriquement à des fils conducteurs dudit câble. On peut ainsi répéter la mesure aussi fréquemment qu'on le souhaite.

5 Une telle méthode n'a cependant pas de pouvoir prédictif parce que le résultat de la mesure n'est influencé que par la salinité de l'eau effectivement présente dans le puits de production ou d'observation. Lorsque la présence d'eau salée est détectée il est 10 déjà trop tard, et les actions correctives qui sont prises à partir des résultats de mesure, ne peuvent que limiter l'augmentation de la salinité.

#### **Brève description de l'invention**

15 Par rapport à l'état de la technique qui vient d'être décrit l'invention vise un dispositif et un procédé, permettant par l'exploitation de résultats de mesure de prédire l'arrivée d'un front d'eau salée avant que cette eau salée ne soit effectivement 20 présente dans un puits de production.

De façon connue un tel puits de production est constitué par une enveloppe cylindrique (tubage) disposée verticalement et percée de fentes permettant à l'eau extérieure à l'enveloppe de pénétrer dans le 25 puits. De façon connue également ce puits peut contenir de façon permanente des moyens de mesure de salinité locale constitués comme indiqué ci-dessus par des cellules de mesure ou des électrodes annulaires disposées autour du câble, ces électrodes étant 30 connectées à des fils dudit câble.

Selon l'invention le tubage est constitué d'un matériau électriquement isolant ou faiblement

conducteur. Au lieu ou de préférence en plus de moyens de mesure locale de la salinité, il est ajouté des électrodes alimentées par des fils du câble, ces électrodes ayant entre elles un espacement beaucoup plus grand que l'espacement entre les électrodes de mesure de salinité locale. Pour donner un ordre de grandeur l'espacement entre électrodes consécutives d'un réseau de mesure local sera de quelques cm, de l'ordre de 5 cm au maximum et l'espacement entre 10 électrodes consécutives d'un réseau avec électrodes largement espacées sera de l'ordre de plusieurs mètres, par exemple compris entre 1,5 et 20 mètres.

Les simulations numériques effectuées par les inventeurs dans des cas de fronts de salinité ayant des formes géométriques simples, par exemple un front de salinité selon un plan vertical se rapprochant d'un puits, permettent d'avancer l'explication ci après pour le mode de fonctionnement du dispositif décrit dans la présente demande.

20 Lorsque les électrodes de mesure sont proches les unes des autres comme dans le cas d'une mesure locale de salinité, on peut admettre que les lignes de courant électrique entre les électrodes intermédiaires résultant du courant envoyé entre les électrodes 25 extrêmes, sont concentrées dans un volume dont la forme est déterminée par la forme de ces électrodes et celle de la cellule qui les contient. Ainsi, par exemple, si ces électrodes ont des formes annulaires identiques schématisées par une ligne circulaire et sont disposées 30 l'une au dessus de l'autre, à l'intérieur d'une cellule délimité par une paroi isolante, les lignes de courant seront principalement concentrées dans un volume dont

la surface d'enveloppe est la surface cylindrique de la paroi isolante de la cellule entre les deux électrodes extrêmes. Les lignes de courant de fuite et l'intensité du courant passant en dehors de ce volume n'ont qu'une 5 influence faible sur la valeur de la tension mesurée entre les électrodes intermédiaires.

Lorsque la distance entre électrodes s'accroît, et si ces électrodes ne sont pas confinées à l'intérieur d'une cellule isolante électriquement, les 10 lignes de courant se dispersent dans un volume qui comporte non seulement le volume cylindrique entre les électrodes intermédiaires mais aussi un volume qui s'étend de façon plus large autour d'un axe joignant les centres des électrodes par exemple annulaires. En 15 particulier de nombreuses lignes de courant passent à l'intérieur de l'eau au travers des fentes de mise en communication du puits avec l'eau extérieure au puits. L'intensité du courant passant par l'extérieur dépend notamment de la distance entre les électrodes extrêmes. 20 En particulier dans le cas par exemple d'une augmentation de salinité au voisinage du puits, les volumes contenant de l'eau plus salée ont des résistivités moindres que les volumes contenant de l'eau moins salée. Ces volumes de moindre résistivité 25 de l'eau deviennent alors des lieux privilégiés de concentration des lignes de courant. Ce déplacement des lignes de courant se traduit par une variation de la valeur de tension mesurée entre les électrodes intermédiaires. On peut ainsi voir au travers du puits 30 et détecter l'approche d'un front d'eau salée. Si l'on dispose d'un réseau ayant plus de quatre électrodes disposées verticalement les unes au dessus des autres

dans le puits, et largement espacées entre elles au sens indiqué plus haut, on peut utiliser une paire d'électrodes du réseau comme paire d'électrodes de génération de courant. Il est possible de mesurer la 5 tension induite par les courants générés par ladite paire d'électrodes de génération de courant, dans chacune des paires intermédiaires d'électrodes. On dispose ainsi d'un ensemble de résultats de mesures permettant de localiser une éventuelle concentration 10 saline. On remarque que compte tenu de la symétrie de révolution autour du puits, la localisation présente elle aussi une symétrie de révolution autour du puits. Cela signifie que le lieu réel de la concentration saline n'est pas identifié. Les modèles prédictifs 15 réalisés à partir de mesures multiples dans des conditions de salinité connues par ailleurs ne permettent pas de localiser le lieu réel de concentration saline à l'intérieur de la zone de révolution.

20 Cependant si l'on dispose d'un ensemble de puits équipés de la même façon avec chacun un réseau d'électrodes, alors il devient possible de tracer une surface enveloppe des différents lieux de concentration saline. Avec de telles données obtenues par mesure et 25 par calcul sur les résultats de mesure, on peut déterminer une forme d'un front salé et adapter en conséquence les interventions correctives par exemple par injection et/ou modification du débit de pompage dans les différents puits de production.

30 Il n'est pas nécessaire que les quatre électrodes utilisées pour une mesure à grand espacement soient toutes situées en profondeur, dans le puits.

L'une des électrodes d'injection du courant, et/ou l'une des électrodes de mesure de la tension peut ou peuvent se trouver à la surface du sol.

Ainsi l'invention est-elle relative à un dispositif de contrôle de salinité pour un puits comportant un tubage à l'intérieur duquel est logé ledit dispositif, le dispositif comportant un câble électrique constitué par une pluralité de fils conducteurs ayant chacun deux extrémités, enrobés à l'exclusion des extrémités desdits fils dans un matériau isolant, une première extrémité de chaque fil étant reliée à une électrode, une seconde extrémité de chacun des fils étant couplée électriquement à des moyens de mesure ou à des moyens de génération de courant électrique, dispositif caractérisé en ce que le tubage comporte des ouvertures distribuées sur la majeure partie de sa longueur et est constitué par un matériau électriquement isolant ou faiblement conducteur et en ce que l'espacement entre électrodes consécutives auxquelles sont connectés lesdits fils conducteurs est supérieur à un mètre.

Lesdites électrodes sont appelées électrodes largement espacées.

Les puits dans lesquels les dispositifs conformes à l'invention peuvent être installés sont soit des puits de production, soit des puits d'observation. Les ouvertures du tubage sont en général des fentes, par exemple longitudinales. Ces ouvertures sont destinées à mettre l'intérieur du puits en communication avec l'extérieur. Il ne s'agit pas uniquement des ouvertures en haut et en bas du tubage.

Dans un premier mode particulier de réalisation chacune des premières extrémités de fils est reliée par des moyens de commutation commandables soit à un générateur de courant soit à des moyens de mesure. De 5 la sorte les différentes électrodes peuvent être utilisées soit comme électrodes de génération de courant soit comme électrodes de mesure de tension.

Dans un autre mode de réalisation particulier qui peut être réalisé avec le mode général de 10 réalisation ou avec le mode particulier chaque électrode largement espacée est située sur la surface extérieure d'une paroi de préférence cylindrique. La paroi est suspendue au câble électrique, par exemple au moyen d'un ou plusieurs anneaux serrés sur le câble et 15 portant des rayons rigides mécaniquement solidaires de la paroi.

Dans un autre mode de réalisation particulier qui peut être réalisé avec le mode général de réalisation ou avec l'un des modes particuliers la 20 paroi cylindrique loge des moyens de mesure de la salinité locale.

Comme expliqué plus haut les moyens de mesure de la salinité locale peuvent comprendre de façon en elle-même connue, outre les moyens de génération de 25 courant et de mesure de tension entre électrodes une ou éventuellement plusieurs cellules de mesure de la salinité. Chacune des cellules comporte une paroi isolante de cellule ayant des ouvertures permettant une circulation d'eau à l'intérieur de ladite paroi 30 isolante de cellule. Des électrodes de cellule sont disposées à l'intérieur de ladite paroi isolante de

cellule, par exemple sous forme d'un conducteur annulaire appuyé à la paroi.

Comme expliqué plus haut également les électrodes des moyens de mesure de la salinité locale 5 peuvent aussi être constituées de façon en elle même connue par des conducteurs fixés sur l'extérieur de la gaine du câble.

#### Brève description des dessins

10 Des exemples de modes de réalisation de l'invention seront maintenant décrits à l'aide des dessins annexés dans lesquels :

15 - la figure 1 est une représentation schématique du mode le plus général de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est une représentation schématique destinée à illustrer un calcul de résistivité de l'eau ;

20 - la figure 3 est une coupe longitudinale schématique d'un premier mode de réalisation dans lequel il est pris avantage de la présence de moyens de mesure locale de la salinité pour fixer les électrodes largement espacées ;

25 - la figure 4 est une coupe longitudinale schématique d'un second mode de réalisation dans lequel il est aussi pris avantage de la présence de moyens de mesure locale de la salinité pour fixer les électrodes largement espacées ;

30 - la figure 5 représente un écorché d'une partie d'un puits laissant apparaître un ensemble d'électrodes largement espacées montées sur des moyens

de mesure locale de la salinité tels que représentés sur l'une des figures 3 ou 4 ;

- la figure 6 est un ensemble de courbes représentant chacune la variation d'un rapport mesuré en fonction de l'espacement entre électrodes. Chacune des courbes est tracée pour une distance particulière du puits à un front salé.

#### Descriptions de modes de réalisation

La figure 1 montre une installation de mesure de la salinité de l'eau. Elle comporte des moyens 1 de génération d'un courant alternatif de préférence basse fréquence de façon à limiter les effets inductifs et capacitatifs parasites. Elle comporte aussi des moyens 3 de mesure notamment de tensions électriques. Les moyens 1 et 3 sont en communication par l'intermédiaire d'un boîtier de commutation 2 avec un moyen de commande et de calcul 4. Les moyens 1 et 3 sont également en communication par l'intermédiaire dudit boîtier de commutation 2 avec un câble électrique 5. Une section agrandie A de ce câble 5 est destinée à montrer que le câble 5 est constitué d'une gaine 6 et de fils électriques isolés 7. Chacun des fils isolés 7 est en contact électrique avec une électrode 8. Il y a n, n désignant un nombre entier, électrodes 8 numérotées 8-1 à 8-n. Les électrodes 8 sont en général mais non nécessairement régulièrement espacées les unes des autres. Le câble 5 est sensiblement vertical et est situé à l'intérieur d'un puits 10 délimité par une enveloppe 9.

Le fonctionnement est le suivant. Les moyens de commande et de calcul 4 incluent un logiciel qui

prévoit une alimentation d'une paire d'électrodes choisie de façon séquentielle parmi les paires que l'on peut former avec les  $n$  électrodes de fond, plus éventuellement une électrode en surface. La paire 5 choisie est alimentée par les moyens de génération 1 au travers des moyens de commutation 2 qui sont commandés à cet effet par les moyens de commande et de calcul 4. Pour chaque paire alimentée les moyens de commande et de calcul 4 commutent en séquence sur les moyens de mesure 10 3, les différentes paires d'électrodes de mesure que l'on peut former avec les électrodes non utilisées pour l'envoi de courant. L'une des électrodes de mesure peut se trouver en surface, mais elle doit être distincte de l'électrode de surface utilisée pour 15 l'envoi de courant, quand celle-ci existe. Une sortie 11 des moyens de mesure 3 est couplée aux moyens de commande et de calcul 4. Les résultats des différentes mesures sont mémorisés dans une mémoire des moyens de commande et de calcul 4. Lorsque toutes les mesures 20 sont disponibles les moyens de commande et de calcul 4 établissent un état de la salinité au voisinage du puits 10.

Le principe sur lequel sont basées les mesures dans le cas de cellules, est en lui même connu et sera 25 rappelé brièvement ici en liaison avec la figure 2. Cette figure représente quatre électrodes annulaires chacune délimitant la section  $S$  offerte au courant, deux électrodes extrêmes  $A$  et  $B$  et deux électrodes intermédiaires  $M$  et  $N$ . On aura par exemple selon une 30 configuration dite de Wenner :

$$AM = MN = NB = 1$$

Un courant  $I$  est envoyé entre les électrodes extrêmes A et B, et la différence de potentiel  $V_M - V_N$  entre les électrodes intermédiaires M et N est mesuré. Lorsque la distance entre électrodes est petite, on 5 peut, en première approximation, considérer que la densité de courant entre les électrodes intermédiaires M et N est uniforme et appliquer la règle simple donnant la résistance d'un conducteur de longueur  $\ell$  de section  $S$  et de résistivité  $R_w$  :

$$10 \quad (V_M - V_N)/I = R_w \ell / S$$

A partir de la mesure du courant  $I$  et de la différence de potentiel  $V_M - V_N$  et des dimensions  $\ell$  et  $S$  du cylindre délimitées par les électrodes M et N, on accède à une valeur de résistivité de l'eau  $R_w$  dont les 15 variations sont représentatives de la salinité de l'eau.

Lorsque comme dans le cas de l'invention, les distances entre électrodes M et N sont assez grandes, on ne peut plus supposer que la densité de courant entre 20 les électrodes intermédiaires M et N est uniforme. Au contraire on utilise l'hétérogénéité des densités de courant dans les différentes parties du volume parcourues par le courant entre les électrodes. Si l'on suppose, par exemple, que la résistivité d'une eau salée est 100 fois plus faible que la résistivité d'une eau douce, l'arrivée d'un front salé, par exemple 25 vertical, se traduit par une chute de la résistivité apparente mesurée. Cette chute est d'autant plus grande que le front est proche. La figure 6 représente un ensemble de courbes. Chaque courbe représente la variation du rapport entre la tension  $V$  mesurée et la 30 valeur  $I$  du courant envoyé pour un dispositif avec une

électrode de courant et une électrode de tension situées en surface. La valeur, normalisée, en la divisant par  $R_w$  du rapport  $V/I$  est portée en ordonnée ; en abscisse on a porté la valeur en pieds de la distance entre deux électrodes du fond. Chacune des différentes courbes correspond à une distance d'un front d'eau salée de résistivité 100 fois plus faible que  $R_w$ , à l'axe du puits 10. La courbe inférieure a représenté la valeur normalisée du rapport  $V/I$  lorsque 5 le front est à une distance de 2 pieds, environ 60 cm, la courbe supérieure b représente la valeur normalisée du rapport  $V/I$  lorsque le front est à une distance de 100 pieds, environ 30 m. Les courbes, c, d, e, f, g situées entre ces deux courbes supérieure et inférieure 10 représentent respectivement la valeur normalisée du rapport  $V/I$  lorsque le front est à une distance de 3 pieds, (environ 0,9m), 10 pieds (environ 3 m), 14 pieds (environ 4 m), 30 pieds (environ 9 m), et 75 pieds (environ 22 m). On voit que quand la distance à 15 laquelle se trouve le front passe de 30 mètres à 0,6 mètre, le rapport  $V/I$  varie d'un facteur supérieur à 10 à condition que l'espacement entre électrodes soit supérieur à 12 pieds, environ 3,5 m. Ces courbes montrent qu'il est possible d'étalonner un système pour 20 déterminer la distance d'un front salé.

Lorsque comme il sera décrit ci après le puits 10 est équipé en plus des électrodes largement espacées, de moyens de mesure de la salinité locale à 25 différentes profondeurs dans le puits, le calcul de la distance d'un front de salinité peut être amélioré. Le calcul utilise une méthode aux différences ou aux éléments finis. De façon itérative des valeurs de

salinité sont attribuées à des volumes finis localisés, et il est vérifié que ces attributions concordent ou non avec les valeurs mesurées de tension relevées entre les différents couples d'électrodes. Lorsqu'on dispose 5 de mesures locales de la salinité, une contrainte supplémentaire est imposée en ce sens que les salinités attribuées aux différents volumes finis doivent être cohérentes avec les salinités relevées localement.

Des modes particuliers de réalisation seront 10 maintenant décrits en relation avec les figures 3 à 5. Dans les figures 3 à 5 les éléments ayant même fonction que des éléments portés sur les figures décrites auparavant portent le même numéro de référence et ne seront pas nécessairement décrits à nouveau.

15 La figure 3 est une coupe longitudinale schématique d'un premier mode de réalisation dans lequel il est pris avantage de la présence de moyens 20 de mesure locale de la salinité pour la fixation mécanique des électrodes 8 largement espacées. Dans ce 20 mode de réalisation les moyens 20 se présentent sous la forme d'une cellule de mesure locale de la salinité. Une cellule 20 est elle-même formée, de façon connue, par un ensemble de quatre électrodes 15. De façon en elle-même connue les électrodes 15 peuvent se présenter 25 sous forme d'un anneau ou de spires, comme représenté figure 3, d'un fil conducteur, serrées sur le câble 5. De façon non apparente sur le dessin mais en elle-même connue chacune des électrodes 15 d'une cellule 20 est reliée à une extrémité d'un fil conducteur 7 inclus 30 dans la gaine 6 du câble 5. Les espacement entre deux électrodes consécutives d'une cellule sont égaux entre eux et compris entre 1 et 10 cm. L'ensemble de quatre

électrodes 15 est compris à l'intérieur d'un tube isolant 16 centré sur le câble 5. Le tube isolant 16 est ouvert à ses deux extrémités en sorte que l'eau du puits peut circuler dans le tube. Le tube isolant 16 5 est soutenu et centré sur le câble 5 par deux anneaux 17 d'où partent des rayons 18. Les rayons 18 d'un anneau 17 supérieur joignent l'anneau 17 à une extrémité supérieure du tube isolant 16. Les rayons 18 d'un anneau 17 inférieur joignent l'anneau inférieur 17 10 à une extrémité inférieure du tube isolant 16. Le tube 16 porte sur sa face cylindrique extérieure une électrode 8 participant au réseau d'électrodes à espacement large. L'électrode 8 se présente dans l'exemple représenté, sous la forme d'un dépôt 15 conducteur réalisé sur la face extérieure du tube 16. De façon non représentée sur les figures l'électrode 8 est reliée à une extrémité de l'un des fils 7 du câble 5. La figure 4 est aussi une coupe longitudinale schématique d'un second mode de réalisation dans lequel 20 il est également pris avantage de la présence de moyens 20' de mesure locale de la salinité pour la fixation mécanique des électrodes 8 largement espacées. Dans ce mode de réalisation les moyens 20' se présentent, comme dans l'exemple présenté précédemment, sous la forme 25 d'une cellule 20'. Une cellule 20' est elle même formée par un ensemble de quatre électrodes 15'. De façon en elle-même connue, dans cet exemple les électrodes 15' se présentent sous forme d'anneaux conducteurs fixés ou déposés sur la face interne d'un tube isolant 16 centré 30 sur le câble 5. De façon en elle-même connue chacune des électrodes 15' d'une cellule 20' est reliée à une extrémité d'un fil conducteur 7 inclus dans la gaine 6

du câble 5. Les espacement entre deux électrodes 15 consécutives d'une cellule sont égaux entre eux et compris entre 1 et 10 cm. Deux électrodes 15 consécutives sont séparées l'une de l'autre par des anneaux isolant 19. Comme dans l'exemple commenté en liaison avec la figure 3, l'ensemble 20 de quatre électrodes 15 est compris à l'intérieur du tube isolant 16 centré sur le câble 5. Le tube isolant 16 est ouvert à ses deux extrémités en sorte que l'eau du puits peut circuler dans le tube. Le tube isolant 16 est soutenu et centré sur le câble 5 par deux anneaux 17 d'où partent des rayons 18 comme déjà expliqué en liaison avec la figure 3. Le tube 16 porte sur sa face cylindrique extérieure, comme déjà expliqué en liaison avec la figure 3, une électrode 8 participant au réseau d'électrodes 8 à espacement large.

La figure 5 représente un puits 10, délimité par une paroi cylindrique 9 (tubage). Un câble 5 portant un réseau 40 d'électrodes largement espacées 8 est centré par des moyens non représentés dans la paroi cylindrique 9. De façon en elle même connue la paroi cylindrique 9 est percée par des fentes 21 permettant à l'eau de la nappe de pénétrer dans le puits. Chaque électrode 8 participant au réseau, est portée sur la face extérieure d'une paroi 16 ayant la forme d'un tube isolant 16 constituant avec des électrodes 15 ou 15' centrées à l'intérieur de ce tube 16 une cellules 20 ou 20' respectivement. Des flèches non référencées indiquent le sens de circulation de l'eau dans le puits et autour des tubes isolants 16. Dans un exemple de réalisation le réseau comporte 16 électrodes 8 régulièrement espacées. L'espacement entre deux

électrodes consécutives est de 4 pieds, environ 1,2 mètres. L'espacement entre l'électrode la plus haute et l'électrode la plus basse est ainsi de 60 pieds soit 18 mètres environ. Il y a ainsi plusieurs mesures 5 possibles, selon le choix des deux électrodes servant pour injecter un courant et des deux électrodes servant à mesurer la tension en résultant. L'une des électrodes de courant et/ou l'une des électrodes de tension peut ou peuvent se trouver en surface. On note que des 10 électrodes peuvent être alternativement des électrodes d'injection de courant et des électrodes de mesure.

Dans un mode expérimental de réalisation le nombre des électrodes 8 largement espacées était de quatre. Naturellement le nombre peut être supérieur. Le 15 nombre d'électrodes 8 doit au minimum être égal à deux. Dans ce cas on utilise dans le puit 10 une électrode pour injecter un courant, une électrode pour mesurer une tension. On utilise également une électrode de référence de potentiel et une électrode de retour du courant situées hors et loin du puits, par exemple à la 20 surface du sol.

Si l'on dispose de plusieurs puits, de puisage ou d'observation, l'un ou plusieurs d'entre eux pourront être équipés d'un ensemble d'électrodes 8 largement espacées, selon l'une des formes de 25 réalisation de l'invention.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif (40) de contrôle de salinité pour un puits (10) comportant une enveloppe (9) du puits (10), cette enveloppe (9) logeant ledit dispositif (40), le dispositif (40) comportant un câble (5) électrique constitué par une gaine (6) du câble (5) contenant une pluralité de fils (7) conducteurs ayant chacun deux extrémités, enrobés à l'exclusion des extrémités desdits fils dans un matériau isolant, une première extrémité de chaque fil étant reliée à une électrode (8), une seconde extrémité de chacun des fils étant couplée électriquement à des moyens (3) de mesure ou à des moyens (1) de génération de courant électrique, dispositif (40) caractérisé en ce que l'enveloppe (9) comporte des ouvertures (21) distribuées sur la majeure partie de sa longueur et est constituée par un matériau électriquement isolant ou faiblement conducteur et en ce que l'espacement entre électrodes (8) consécutives auxquelles sont connectés lesdits fils (7) conducteurs est supérieur à un mètre.

2. Dispositif (40) selon la revendication 1 caractérisé en ce que chacune des premières extrémités de fils est reliée par des moyens (2) de commutation commandables soit à un générateur (1) de courant soit à des moyens (3) de mesure.

3. Dispositif (40) selon l'une des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que les électrodes (8) sont fixées sur l'extérieur d'une paroi cylindrique (16) concentrique du câble (5).

4. Dispositif (40) selon la revendication 3 caractérisé en ce que la paroi cylindrique (16)

concentrique du câble (5) loge des moyens (20, 20') de mesure de la salinité locale de l'eau dans le puits.

5. Dispositif (40) selon la revendication 4 caractérisé en ce que les moyens (20) de mesure de la salinité locale comporte une cellule (20) de mesure de salinité locale ayant des électrodes (15) constituées par des conducteurs (15) fixés sur l'extérieur de la gaine (6) du câble (5).

10 6. Dispositif (40) selon la revendication 4 caractérisé en ce que les moyens (20') de mesure de la salinité locale comporte des cellules (20') ayant des électrodes (15') constituées par des conducteurs (15') fixés sur la paroi cylindrique (16) concentrique du câble (5). à l'intérieur de celle-ci (16).

15 7. Dispositif (40) selon l'une des revendications 4 à 6 caractérisé en ce que les parois (16) cylindriques concentriques du câble (5) sont fixées au câble (5) au moyen d'anneaux (17) serrés sur le câble (5) portant des rayons (18) solidaires d'un 20 anneau (17) et de la paroi cylindrique (16).

8. Puits (10) ou ensemble de puits (10) comportant un dispositif (40) selon l'une des revendications précédentes.

1 / 4

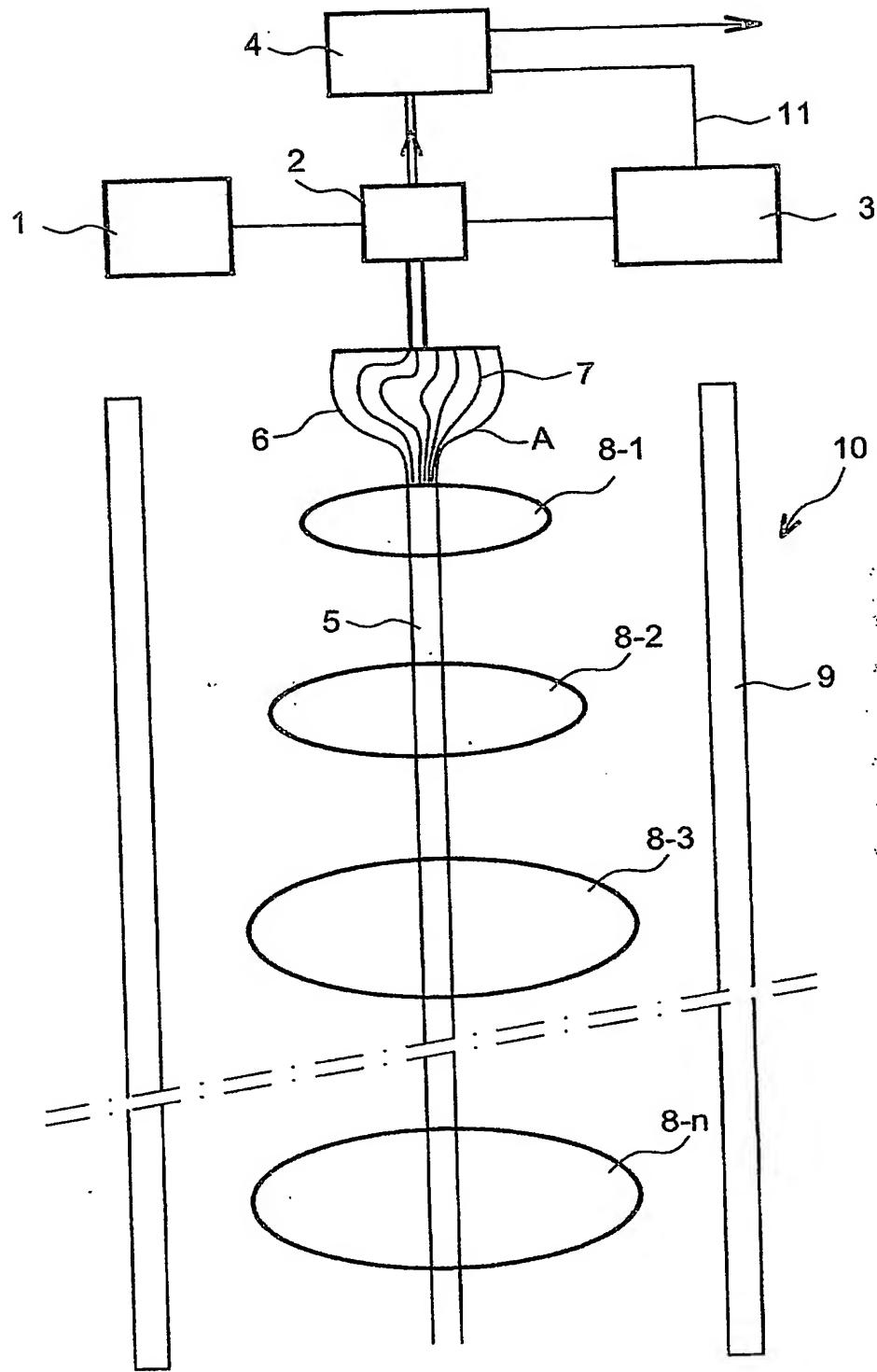


FIG. 1

A —————  
M —————  
N —————  
B —————

FIG. 2

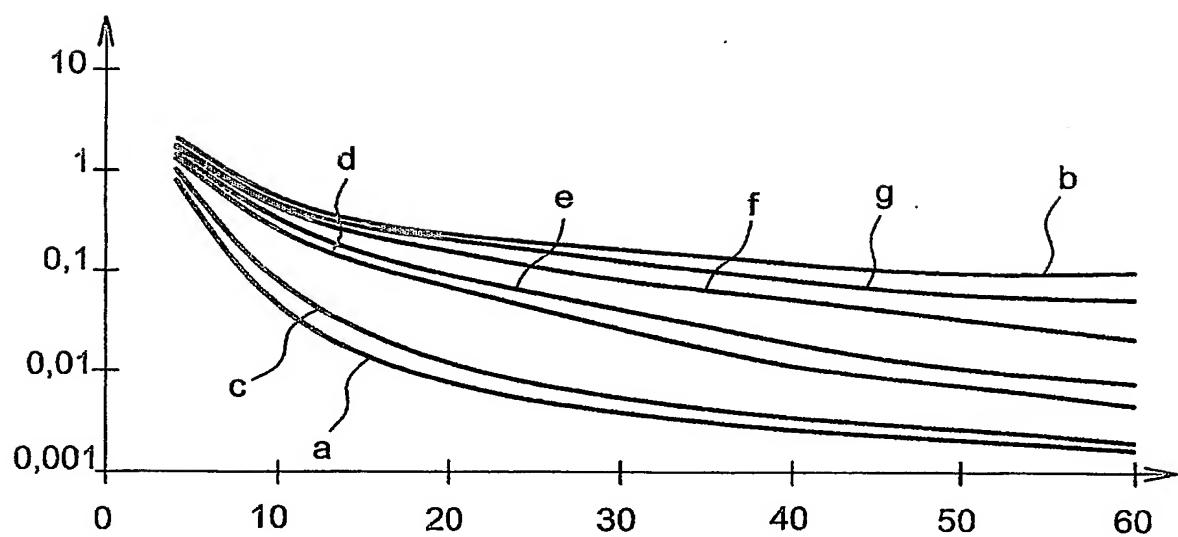


FIG. 6

3 / 4

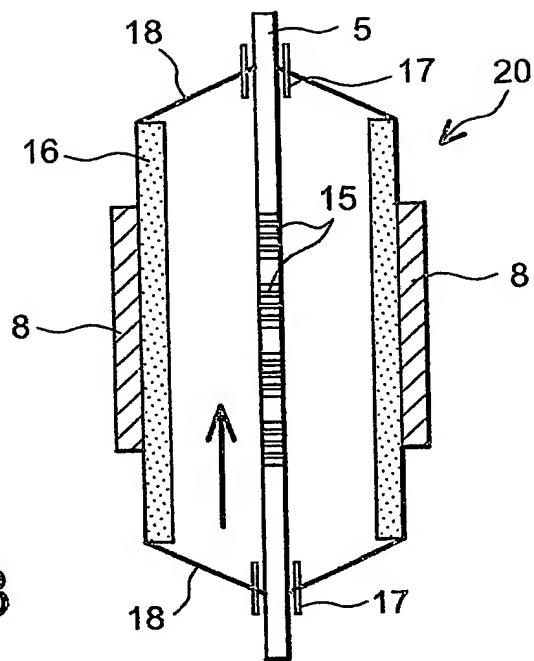


FIG. 3

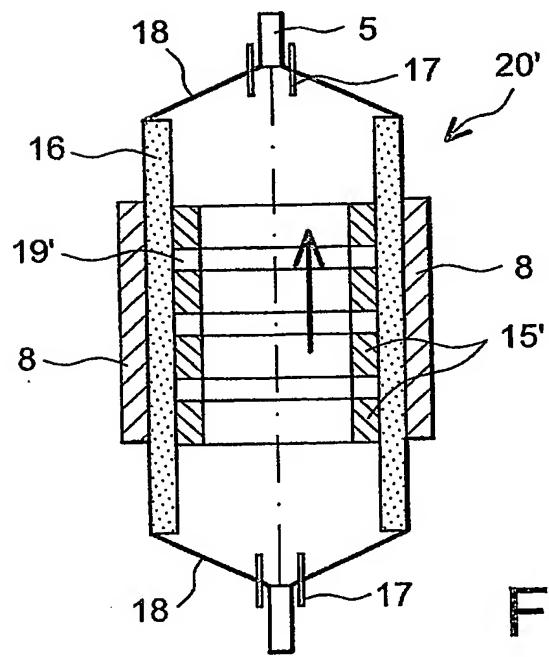


FIG. 4

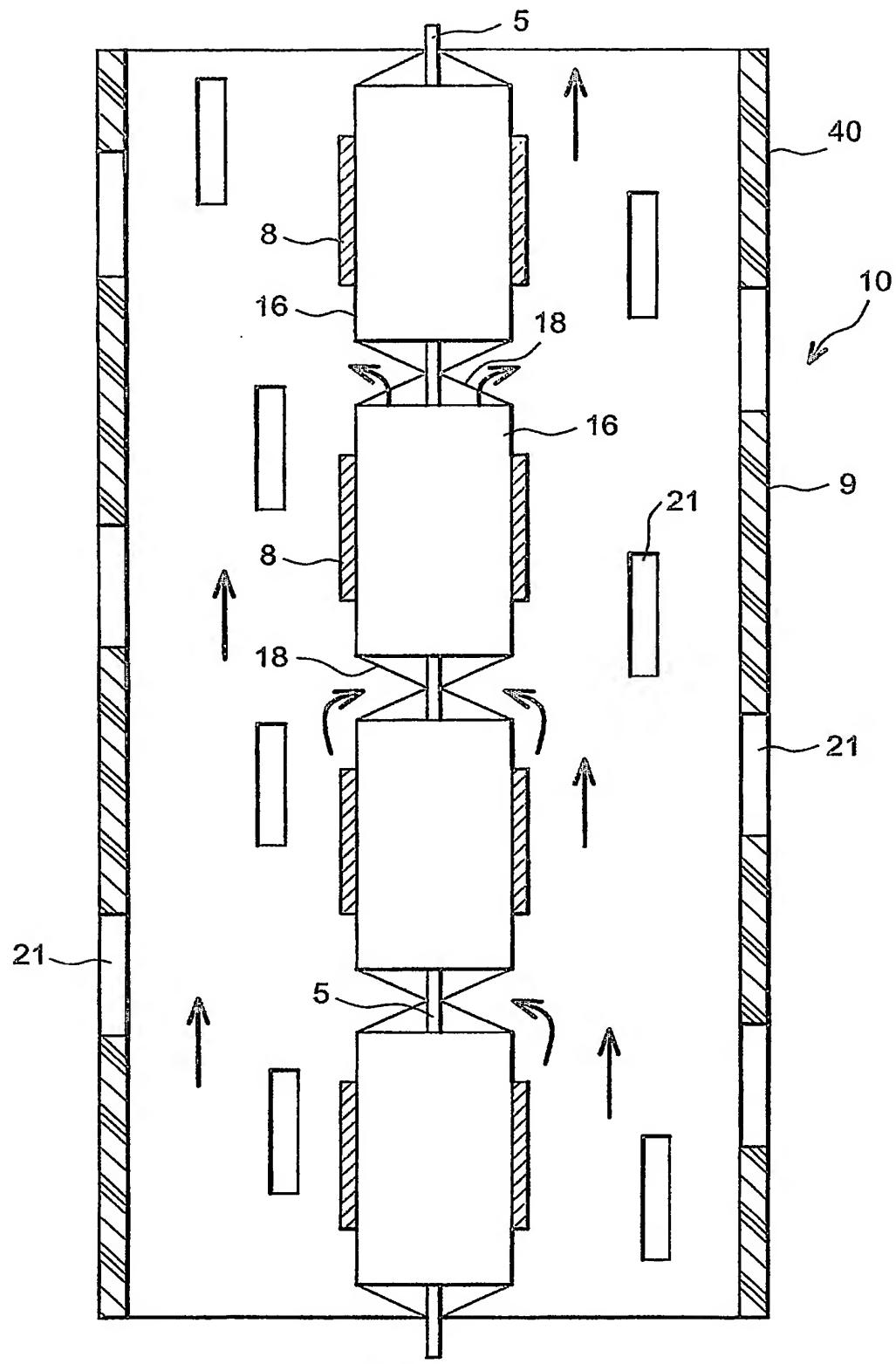


FIG. 5

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UNITE

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa  
N° 11235\*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W /260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)	SP 20018/GB FR 21.1017																																														
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	02.00008																																														
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)																																															
DISPOSITIF DE CONTROLE DE SALINITE DE L'EAU DE PUITS SITUÉS EN ZONE COTIERE.																																															
LE(S) DEMANDEUR(S) :																																															
SERVICE PETROLIERS SCHLUMBERGER 42 rue St Dominique 75007 PARIS																																															
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).																																															
<table border="1"> <tr> <td>Nom</td> <td colspan="2">DELHOMME</td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td colspan="2">Jean-Pierre</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> <td>24, avenue des Mimosas</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>92100 BOULOGNE BILLANCOURT</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> <tr> <td>Nom</td> <td colspan="2">SOUHAITE</td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td colspan="2">Philippe</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> <td>11 bis rue Faraday</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>75017 PARIS</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> <tr> <td>Nom</td> <td colspan="2">VEIGNAT</td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td colspan="2">Eric</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> <td>c/o Etudes et Productions SCHLUMBERGER 1 rue Henri Becquerel BP 202</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>92142 CLAMART CEDEX</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> <tr> <td>DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</td> <td colspan="2"> PARIS LE 02 JANVIER 2002    G. POULIN CPI 990200 </td> </tr> </table>			Nom	DELHOMME		Prénoms	Jean-Pierre		Adresse	Rue	24, avenue des Mimosas	Code postal et ville	92100 BOULOGNE BILLANCOURT	Société d'appartenance (facultatif)			Nom	SOUHAITE		Prénoms	Philippe		Adresse	Rue	11 bis rue Faraday	Code postal et ville	75017 PARIS	Société d'appartenance (facultatif)			Nom	VEIGNAT		Prénoms	Eric		Adresse	Rue	c/o Etudes et Productions SCHLUMBERGER 1 rue Henri Becquerel BP 202	Code postal et ville	92142 CLAMART CEDEX	Société d'appartenance (facultatif)			DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)	PARIS LE 02 JANVIER 2002  G. POULIN CPI 990200	
Nom	DELHOMME																																														
Prénoms	Jean-Pierre																																														
Adresse	Rue	24, avenue des Mimosas																																													
	Code postal et ville	92100 BOULOGNE BILLANCOURT																																													
Société d'appartenance (facultatif)																																															
Nom	SOUHAITE																																														
Prénoms	Philippe																																														
Adresse	Rue	11 bis rue Faraday																																													
	Code postal et ville	75017 PARIS																																													
Société d'appartenance (facultatif)																																															
Nom	VEIGNAT																																														
Prénoms	Eric																																														
Adresse	Rue	c/o Etudes et Productions SCHLUMBERGER 1 rue Henri Becquerel BP 202																																													
	Code postal et ville	92142 CLAMART CEDEX																																													
Société d'appartenance (facultatif)																																															
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)	PARIS LE 02 JANVIER 2002  G. POULIN CPI 990200																																														

## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'QUALITÉ

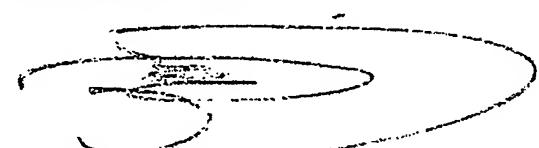
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2./2..  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W /26399

Vos références pour ce dossier (facultatif)		SP 20018/GB FR 21.1017		
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0200008		
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)				
DISPOSITIF DE CONTROLE DE SALINITE DE L'EAU DE PUITS SITUÉS EN ZONE COTIERE.				
LE(S) DEMANDEUR(S) :				
<b>SERVICE PETROLIERS SCHLUMBERGER</b> 42 rue St Dominique 75007 PARIS				
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» Si il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).				
Nom		JENNEVIN		
Prénoms		Christian		
Adresse	Rue	Starokonyushenny Per Dom 32 Appt 11		
	Code postal et ville	121002	MOSCOW	Russie
Société d'appartenance (facultatif)				
Nom				
Prénoms				
Adresse	Rue			
	Code postal et ville			
Société d'appartenance (facultatif)				
Nom				
Prénoms				
Adresse	Rue			
	Code postal et ville			
Société d'appartenance (facultatif)				
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)				
PARIS LE 02 JANVIER 2002				
G. POULIN CPI 990200				